



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 37 31 345.2  
22 Anmeldetag: 18. 9. 87  
43 Offenlegungstag: 30. 3. 89

DE 3731345 A1

71 Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,  
DE

72 Erfinder:

Huber, Peter, 7910 Neu-Ulm, DE; Ricker, Thomas,  
Dr.rer.nat., 7900 Ulm, DE

54 Verfahren zur Herstellung einer Vorform für einen Lichtwellenleiter

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vorform für einen (Quarzglas-)Lichtwellenleiter nach dem Innenbeschichtungsverfahren unter Verwendung eines elektrisch direkt beheizten Graphitofens, der mit einem Schutzgas, vorzugsweise Argon, gespült wird. Die axiale Abdichtung zwischen Graphitofen und Trägerrohr erfolgt durch mindestens eine rotierende Gasdichtung, d. h. eine Dichtung mit einem tangential rotierenden Gasstrom, durch welche der Verbrauch an Schutzgas erheblich verringert wird, Temperaturschwankungen durch axiale Gasströmungen unterdrückt werden und eine Anpassung an unterschiedliche Vorformdurchmesser und/oder Exzentrizitäten erfolgt, ohne daß eine Irisblende nachgeregelt werden muß.

DE 3731345 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Vorform für einen Lichtwellenleiter, bei welchem Verfahren

- auf der Innenseite eines Quarzglas-Trägerrohres (1) mehrere dotierte und/oder undotierte Quarzglasschichten abgeschieden werden,
- ein elektrisch beheizter Ofen, der entlang des Trägerrohres bewegt wird, verwendet wird,
- der Ofen ein Graphitrohr (2) enthält, das elektrisch direkt beheizt wird,
- in den Zwischenraum (4) zwischen dem Graphitrohr (2) sowie dem Trägerrohr (1) ein Schutzgas eingeleitet wird und
- nach dem Abscheiden der Quarzglasschichten das Trägerrohr zu einer stabförmigen Vorform kollabiert wird,

dadurch gekennzeichnet,

- daß das Schutzgas zumindest an einem Ende des Graphitrohres (2) in eine tangential rotierende Bewegung versetzt wird, derart, daß ein möglichst hoher axialer Strömungswiderstand entsteht, durch welchen ein Entweichen des Schutzgases aus dem Zwischenraum (4) verringert wird und daß Konvektionsströme sowie Temperaturschwankungen verringert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- daß das Abscheiden der Quarzglasschichten in einem im wesentlichen senkrecht stehenden, nicht rotierenden Trägerrohr (1) erfolgt,
- daß zumindest oberhalb des Graphitrohres (2) mindestens eine mechanische Lochblende (6), welche das Trägerrohr (1) umschließt, angebracht wird und
- daß das Schutzgas unterhalb der Lochblende (6) in eine derartige Rotation versetzt wird, daß zwischen der Lochblende (6) und dem Trägerrohr (1) ein möglichst großer Strömungswiderstand in axialer Richtung entsteht, der auch bei Durchmesserschwanungen und/oder Exzentrizitäten des Trägerrohres (1) erhalten bleibt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb der Lochblende (6) mindestens eine Gasdüse mit tangentialer Komponente (8), durch welche das Schutzgas in eine Drehbewegung versetzt wird, angeordnet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lochblende (6) als verstellbare Irisblende ausgebildet wird, deren Durchmesser und/oder Lage an das Trägerrohr (1) angepaßt wird (werden).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest oberhalb des Graphitrohres (2) mindestens zwei übereinander angeordnete Lochblenden angebracht werden, zwischen denen ein Abstand entsteht und zwischen denen das Schutzgas in eine Drehbewegung versetzt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb des Graphitrohres (2) zusätzlich mindestens eine weitere Lochblende vorhanden ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Graphitrohr (2) zumindest in seinem mittleren Bereich eine Verringerung der Wandstärke besitzt, derart, daß innerhalb des Graphitrohres (2) ein vorherbestimmbares Temperaturprofil einstellbar wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Schutzgas ein Inertgas, vorzugsweise Argon, verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Gasdüse (8) in Richtung der Mitte des Ofens axial derart geneigt wird, daß eine Füllung des Zwischenraumes (4) mit Schutzgas erreicht wird.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vorform für einen Lichtwellenleiter nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei der Herstellung einer Vorform nach dem sogenannten Innenbeschichtungsverfahren, z. B. dem MCVD-Verfahren ("modified chemical vapor deposition"), wird die Innenfläche eines Quarzglas-Trägerrohres mit einer oder mehreren dotierten und/oder undotierten glasigen Quarzglasschichten beschichtet, welche dem Kern und/oder dem Mantel des herzustellenden Quarzglas-Lichtwellenleiters entsprechen. Diese Innenbeschichtung erfolgt dadurch, daß an einer Seite des Trägerrohres ein glasbildendes Gasgemisch, z. B.  $\text{SiCl}_4$  sowie  $\text{O}_2$ , in das Trägerrohr eingeleitet und derart erhitzt wird, z. B. auf eine Temperatur von ungefähr  $1100^\circ\text{C}$ , daß auf der Innenfläche die gewünschte Glasschicht abgeschieden wird. Es ist zweckmäßig, dabei die dafür benötigte Wärmequelle, z. B. eine Flamme oder einen elektrisch beheizten Ofen, entlang der Mantellinie des Trägerrohres zu bewegen. Das derart beschichtete Trägerrohr wird anschließend zu einem Stab, der sogenannten Vorform, kollabiert. Diese Vorform kann zu einem Quarzglas-Lichtwellenleiter ausgezogen werden.

Es hat sich nun herausgestellt, daß die Eigenschaften der abgeschiedenen Quarzglasschichten unter anderem von der Abscheidungstemperatur abhängen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren dahingehend zu verbessern, daß insbesondere bei einer industriellen Massenfertigung eine zuverlässige sowie kostengünstige Herstellung einer Vorform möglich wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß es zweckmäßig ist, ein senkrecht angeordnetes Quarzglas-Trägerrohr, das nicht rotiert, zu verwenden. Denn dadurch entfallen die ansonsten erforderlichen drehbaren Dichtungen bei der Einleitung der glasbildenden Gase. Diese drehbaren Dichtungen haben den Nachteil, daß bei Undichtigkeiten, die z. B. durch Verschleiß entstehen können, in unkontrollierbarer Weise störender Wasserdampf, z. B. aus der Luftfeuchte, in das Trägerrohr gelangt. Bei einem optisch dämpfungsarmen Quarzglas-Lichtwellenleiter sollte der Wasser ( $\text{OH}^-$ -Ionen)-Gehalt jedoch im ppb-Bereich liegen ("parts per billion"). Derartige hochwertige Dichtungen sind in zuverlässiger sowie kostengünstiger Weise lediglich für ein nichtrotierendes Trägerrohr herstellbar.

Da bei dem Abscheidungsvorgang der Quarzglas-

schichten hohe Temperaturen, z. B.  $1100^{\circ}\text{C}$ , sehr genau, z. B.  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ , eingehalten werden müssen, ist es insbesondere bei einer industriellen Massenproduktion vorteilhaft, für die Wärmequelle einen elektrisch direkt beheizten Ofen zu verwenden. Dieser enthält im wesentlichen ein das Trägerrohr umgebendes Graphitrohr, das durch direkten (Wechsel-)Stromdurchgang erhitzt wird, z. B. auf eine Maximaltemperatur von ungefähr  $2000^{\circ}\text{C}$ . Ein Verbrennen des Graphitrohres wird durch ausreichendes Spülen mit einem Inertgas, vorzugsweise Argon, vermieden.

Die zum Spülen pro Zeiteinheit verbrauchte Edelgasmenge sollte aus Kostengründen möglichst klein sein. Es liegt nun nahe, das Graphitrohr zumindest an seinem oberen Ende gegenüber dem Quarzglas-Trägerrohr abzudichten, z. B. mit Hilfe einer Lochblende, welche das Trägerrohr umgibt. Diese Lochblende sollte das Trägerrohr während des Beschichtungsvorganges nicht berühren. Es hat sich nun jedoch herausgestellt, daß bei einem Trägerrohr mit einem Außendurchmesser von ungefähr 25 mm und einer Lochblende mit einem Durchmesser von ungefähr 27 mm bereits Durchmesserschwankungen von 0,1 mm zu Quarzglas-Lichtwellenleitern mit zu stark schwankenden Eigenschaften führen. Eine Verringerung der Durchmesserschwankungen ist jedoch insbesondere bei einer industriellen Massenfertigung derzeit unwirtschaftlich. Es liegt nun weiterhin nahe, als Lochblende eine verstellbare Irisblende zu verwenden. Diese müßte dann mit Hilfe einer kostenintensiven Regelungsvorrichtung immer an den Durchmesser des Trägerrohres angepaßt werden, und zwar auch dann, wenn sich dessen Längsachse verbiegt, z. B. infolge von mechanischen Spannungen innerhalb des Trägerrohres. Eine solche Regelungsvorrichtung ist derzeit unwirtschaftlich.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert unter Bezugnahme auf eine schematische Zeichnung.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch einen Teil einer beispielhaften Beschichtungsvorrichtung.

Fig. 2 zeigt einen schematischen Querschnitt an der Stelle A-A' der Fig. 1.

Gemäß Fig. 1 befindet sich ein im wesentlichen senkrecht angeordnetes Quarzglas-Trägerrohr 1 mit einem Außendurchmesser von ungefähr 25 mm sowie einer Wandstärke von ungefähr 3 mm im wesentlichen konzentrisch innerhalb eines Graphitrohres 2, das einen Innendurchmesser von ungefähr 32 mm, eine Länge von ungefähr 280 mm und an seinen Enden eine Wandstärke von ungefähr 20 mm besitzt. An beiden Enden sind ringförmige elektrische Kontakte 3 angebracht, die eine direkte (Widerstands-)Heizung des Graphitrohres auf eine maximale Temperatur von ungefähr  $2000^{\circ}\text{C}$  ermöglichen. Das Graphitrohr 2 besitzt in seinem Mittenbereich eine geänderte Wandstärke, z. B. eine parabolische Verdünnung (Fig. 1), so daß eine genaue Einstellung des gewünschten Temperaturprofils des Ofens möglich wird. In den Zwischenraum 4 zwischen Trägerrohr 1 und Graphitrohr 2 wird nun ein Schutzgas, vorzugsweise Argon, eingeleitet, z. B. über ein an dem Graphitrohr 2 angebrachten Ansatzstutzen 5.

Das Graphitrohr 2 wird nun an seinen beiden Enden gegenüber dem Trägerrohr 1 abgedichtet durch jeweils eine Kombination aus zwei Lochblenden 6, 6', vorzugsweise Irisblenden, die in Richtung der Längsachse 7 einen Abstand  $a$  von ungefähr 5 mm besitzen und die vorteilhafterweise zusätzlich senkrecht zur Längsachse

7 verschiebbar angeordnet sind, z. B. zum Ausgleich von möglichen Exzentrizitäten. Zwischen dem Trägerrohr 1 und den Lochblenden 6, 6' wird ein möglichst kleiner Abstand, z. B. 1 mm, eingestellt. Zur weiteren Abdichtung wird nun zwischen den Lochblenden 6, 6' ein Schutzgas, z. B. ebenfalls Argon, geleitet, und zwar derart, daß dieses um das Trägerrohr 1 rotiert. Gemäß Fig. 2 ist dieses z. B. mit Hilfe von Gasdüsen 8 mit tangentialer Komponente möglich, durch welche das Schutzgas (Pfeile) in tangentialer Richtung um das Trägerrohr 1 geblasen wird. Es entsteht eine rotierende Gasdichtung, die einen derart hohen axialen Strömungswiderstand besitzt, daß ein Ausströmen des in dem Zwischenraum 4 befindlichen Schutzgases weitgehend vermieden wird. Durch eine derartige Gasdichtung werden auch ansonsten störende Konvektionsströmungen (Kamineffekt) innerhalb des Graphitrohres 2 vermieden. Eine derart rotierende Gasdichtung paßt sich vorteilhafterweise an Durchmesseränderungen, z. B. während des Kollabiervorganges, und/oder Exzentrizitäten des Trägerrohres 1 an. Dieser Anpassungsvorgang kann außerdem durch eine Steuerung und/oder Regelung der Zufuhr des Schutzgases, das durch die Gasdüsen 8 einströmt, unterstützt werden.

Außerdem ist es möglich, mindestens eine der Gasdüsen (Fig. 2) axial in Richtung Ofenmitte zu neigen. Dadurch wird eine fortlaufende Füllung des Zwischenraumes 4 mit Schutzgas erreicht, so daß der in Fig. 1 dargestellte Ansatzstutzen 5 entfallen kann.

Als Irisblenden ausgebildete Lochblenden 6, 6' haben außerdem den Vorteil, daß deren Lochdurchmesser auch an große Durchmesseränderungen, z. B. während des Kollabiervorganges, anpaßbar sind. Ein Kollabiervorgang unmittelbar nach dem Beschichtungsvorgang hat den Vorteil, daß insbesondere ein Eindringen von Wasserdampf in den Innenraum des Trägerrohres 1 vermieden wird.

Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar. Beispielsweise ist es möglich, dem Schutzgas innerhalb der Lochblenden 6, 6' einen geringen Anteil, z. B. 10%, an brennbarem Gas, z. B. sogenanntem Stadtgas, zuzumischen, so daß ein Eindringen von Luftsauerstoff in den Zwischenraum 4 durch einen Verbrennungsvorgang vermieden wird.

3731345

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

37 31 345  
C 03 B 37/018  
18. September 1987  
30. März 1989

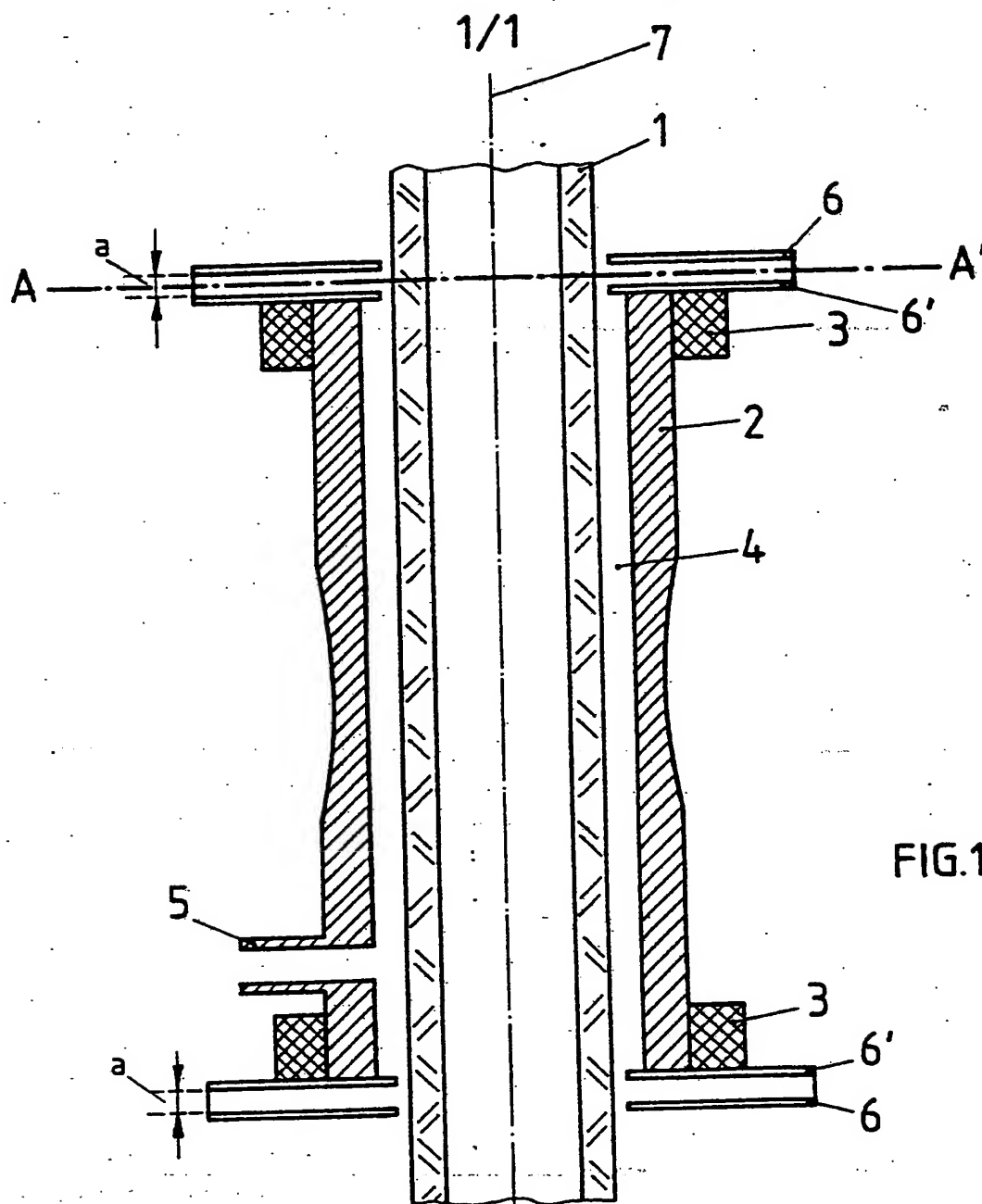


FIG. 1

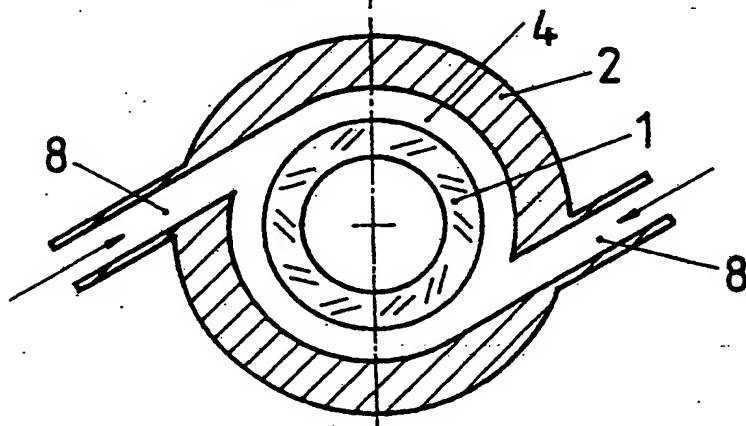


FIG. 2

908 813/323

UL 87/9